

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-321196

(43)Date of publication of application : 05.11.2002

(51)Int.Cl.

B81B 3/00  
 B81B 1/00  
 B81C 1/00  
 G01P 15/125  
 G02B 5/18  
 G02B 26/08  
 G02B 26/10

(21)Application number : 2001-278956

(22)Date of filing : 14.09.2001

(71)Applicant : CANON INC

(72)Inventor : KATO TAKAHISA  
 YASUDA SUSUMU  
 HIROSE FUTOSHI  
 YAGI TAKAYUKI  
 MIZUTANI HIDEMASA  
 SHIMADA YASUHIRO

(30)Priority

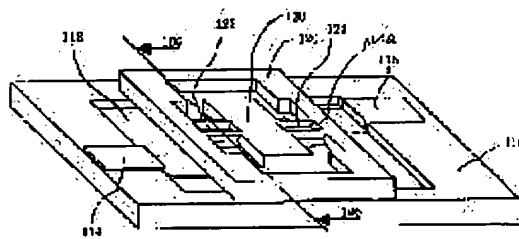
Priority number : 2001047297 Priority date : 22.02.2001 Priority country : JP

(54) MICRO STRUCTURAL BODY, MICROMECHANICAL SENSOR, MICROACTUATOR, MICROOPTICAL POLARISCOPE, OPTICAL SCANNING DISPLAY AND MANUFACTURING METHOD THEREOF

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a micro structural body having an oscillating element which is vibration freely supported by a torsion spring that is comparatively easy to twist and difficult to bend in a direction that makes an angle for the axis of twist.

SOLUTION: The microstructure has a substrate 120 and at least one oscillating element 130. The oscillating element is elastically and oscillation freely supported by at least one of torsion springs 122 and 124 for the substrate 120. The torsion springs 122 and 124, in which the cross-sectional shape of a plane perpendicular to the long axis of the spring is rotational symmetry, composed of a combination of substantially flat shape parts which are so placed that the most flexible direction may cross.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration] withdrawal

[Date of final disposal for application] 20.07.2006

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-321196

(P2002-321196A)

(43) 公開日 平成14年11月5日(2002.11.5)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード*(参考)	
B 8 1 B	3/00	B 8 1 B	3/00	2 H 0 4 1
	1/00		1/00	2 H 0 4 5
B 8 1 C	1/00	B 8 1 C	1/00	2 H 0 4 9
G 0 1 P	15/125	G 0 1 P	15/125	
G 0 2 B	5/18	G 0 2 B	5/18	

審査請求 未請求 請求項の数28 O L (全 17 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2001-278956(P2001-278956)

(22) 出願日 平成13年9月14日(2001.9.14)

(31) 優先権主張番号 特願2001-47297(P2001-47297)

(32) 優先日 平成13年2月22日(2001.2.22)

(33) 優先権主張国 日本(J P)

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72) 発明者 加藤 貴久

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ  
ノン株式会社内

(72) 発明者 安田 進

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ  
ノン株式会社内

(74) 代理人 100086483

弁理士 加藤 一男

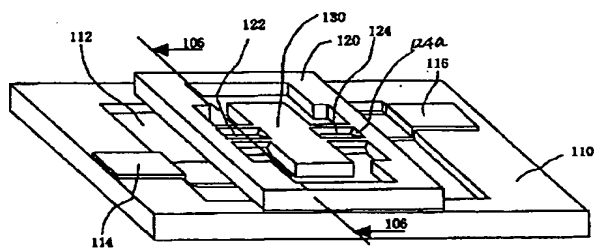
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 マイクロ構造体、マイクロ力学量センサ、マイクロアクチュエータ、マイクロ光偏向器、光走査型ディスプレイ、及びそれらの製造方法

(57) 【要約】

【課題】 比較的ねじれやすく、ねじれの軸に角度を成す方向に対して撓みにくいトーションスプリングで揺動自由に支持された揺動体を有するマイクロ構造体である。

【解決手段】 マイクロ構造体は、基板120と、少なくとも一つ以上の揺動体130を有し、揺動体130が1本以上のトーションスプリング122、124によって基板120に対して弾性的に揺動自由に支持されている。トーションスプリング122、124は、その長軸に垂直な面の断面形状が回転対称形状であり、且つ実質的に扁平な形状部分の組み合わせで構成され、扁平な形状部分は最も撓みやすい方向が交差するように配置されている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】基板と、少なくとも一つ以上の揺動体を有し、前記揺動体が 1 本以上のトーションスプリングによって前記基板に対して弾性的に揺動自由に支持されているマイクロ構造体において、前記トーションスプリングは、その長軸に垂直な面の断面形状が回転対称形状であり、且つ実質的に扁平な形状部分の組み合わせで構成され、該扁平な形状部分は最も撓みやすい方向が交差するように配置されていることを特徴とするマイクロ構造体。

【請求項 2】前記トーションスプリングのねじり中心軸が、ほぼ前記揺動体の重心を通ることを特徴とする請求項 1 に記載のマイクロ構造体。

【請求項 3】前記トーションスプリングの材質が単結晶材料から成ることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載のマイクロ構造体。

【請求項 4】前記単結晶材料がシリコン単結晶であることを特徴とする請求項 3 に記載のマイクロ構造体。

【請求項 5】前記基板、揺動体、トーションスプリングが共通の基板から一体的に形成されていることを特徴とする請求項 1 乃至 4 の何れかに記載のマイクロ構造体。

【請求項 6】(100)シリコン基板が用いられ、トーションスプリングが該シリコン基板の異方性エッチングで形成されて、その外面を画する該(100)シリコン基板面に対する斜面が(111)面であることを特徴とする請求項 1 乃至 5 の何れかに記載のマイクロ構造体。

【請求項 7】前記基板或いは揺動体に繋がるトーションスプリングの付け根部の外面を画する該(100)シリコン基板面に対する面が(111)面であることを特徴とする請求項 6 に記載のマイクロ構造体。

【請求項 8】前記トーションスプリングの横断面形状が X 字状であることを特徴とする請求項 6 または 7 に記載のマイクロ構造体。

【請求項 9】平板状基板が用いられ、トーションスプリングが該平板状基板の深堀りエッチングで形成されて、その外面を画する面が該平板状基板面とこの面に対する垂直面或いは平行面から成ることを特徴とする請求項 1 乃至 5 の何れかに記載のマイクロ構造体。

【請求項 10】前記トーションスプリングの横断面形状が X 字状、十字状、H 字状、N 字状、或いは S 字状であることを特徴とする請求項 1 乃至 9 の何れかに記載のマイクロ構造体。

【請求項 11】前記トーションスプリングの角部が等方性エッチングで軽く丸くされて、前記トーションスプリングの角部への応力集中が緩和されていることを特徴とする請求項 1 乃至 10 の何れかに記載のマイクロ構造体。

【請求項 12】前記揺動体の一つであり、直線に沿って伸びた一つないし一対のトーションスプリングによって該揺動体が前記基板に対して弾性的に略該直線の回りに

揺動自由に支持されていることを特徴とする請求項 1 乃至 11 の何れかに記載のマイクロ構造体。

【請求項 13】前記揺動体が複数であり、該複数の揺動体が入子式に配置され、各揺動体が、各直線に沿って伸びた一対のトーションスプリングによって、その外側の揺動体或いは前記基板に対して弾性的に略該各直線の回りに揺動自由に支持されていることを特徴とする請求項 1 乃至 11 の何れかに記載のマイクロ構造体。

【請求項 14】前記各直線が互いに角度を成して伸びていることを特徴とする請求項 13 に記載のマイクロ構造体。

【請求項 15】前記角度が 90 度であることを特徴とする請求項 14 に記載のマイクロ構造体。

【請求項 16】前記揺動体が複数であり、該複数の揺動体がトーションスプリングを介在させて直列的に配置され、最も外側の揺動体が前記基板にトーションスプリングを介在させて支持されていることを特徴とする請求項 1 乃至 11 の何れかに記載のマイクロ構造体。

【請求項 17】請求項 1 乃至 16 の何れかに記載のマイクロ構造体と、前記基板と前記揺動体の相対変位を検出する変位検出手段を有することを特徴とするマイクロ力学量センサ。

【請求項 18】請求項 1 乃至 16 の何れかに記載のマイクロ構造体と、前記揺動体を前記基板に対して相対的に駆動する駆動手段を有することを特徴とするマイクロアクチュエータ。

【請求項 19】前記駆動手段が、固定コアと、該固定コアを周回するコイルと、前記揺動体に接合された可動コアからなる電磁アクチュエータであることを特徴とする請求項 18 に記載のマイクロアクチュエータ。

【請求項 20】請求項 1 乃至 16 の何れかに記載のマイクロ構造体と、前記揺動体を前記基板に対して相対的に駆動する駆動手段と、前記揺動体に設けられた光反射手段を有することを特徴とするマイクロ光偏向器。

【請求項 21】前記駆動手段が、固定コアと、該固定コアを周回するコイルと、前記揺動体に接合された可動コアからなる電磁アクチュエータであることを特徴とする請求項 20 に記載のマイクロ光偏向器。

【請求項 22】前記光反射手段が、光反射面或いは回折格子であることを特徴とする請求項 20 または 21 に記載のマイクロ光偏向器。

【請求項 23】請求項 20 乃至 22 の何れかに記載のマイクロ光偏向器と、変調可能な光源と、前記光源の変調と前記マイクロ光偏向器の揺動体の動作を制御する制御手段を有することを特徴とする光走査型ディスプレイ。

【請求項 24】請求項 6 乃至 8 の何れかに記載のマイクロ構造体の製造方法であって、(100)シリコン基板の両面にマスク層を成膜する工程と、前記両面のマスク層を前記揺動体とトーションスプリングの形態に応じてパターニングする工程と、前記(100)シリコン基板

を異方性エッチングする工程を含むことを特徴とするマイクロ構造体の製造方法。

【請求項 25】前記異方性エッチングをアルカリ溶液を用いて行うことを特徴とする請求項 24 に記載のマイクロ構造体の製造方法。

【請求項 26】請求項 9 または 10 に記載のマイクロ構造体の製造方法であって、基板の両面にマスク層を成膜する工程と、前記両面のマスク層を前記揺動体とトーシヨンスプリングの形態に応じてパターンニングする工程と、前記基板を片面より深堀りエッチングする工程と、前記基板を他面より深堀りエッチングする工程を含むことを特徴とするマイクロ構造体の製造方法。

【請求項 27】前記基板がシリコン基板であることを特徴とする請求項 26 に記載のマイクロ構造体の製造方法。

【請求項 28】前記トーシヨンスプリングの角部を等方性エッチングして、前記トーシヨンスプリングの角部を丸くし、前記トーシヨンスプリングの角部への応力集中を緩和する工程を更に含むことを特徴とする請求項 24 乃至 27 の何れかに記載のマイクロ構造体の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、マイクロマシンないしマイクロ構造体の分野に関するものである。より詳しくは、軸回りに揺動する部材を有するマイクロ力学量センサ、マイクロアクチュエータ、マイクロ光偏向器等に関するものである。

【0002】

【従来の技術】機械要素を小型化しようとする、と、体積力よりも、表面力の占める割合が大きくなり、摩擦の影響が通常の大きさの機械よりも大きくなることは良く知られている。そのため、マイクロマシンの設計においては、摺動部や回転部を極力少なくするように考慮するのが一般的である。

【0003】軸回りに揺動する部材を有する光偏向器の従来例を説明する。図 25 は、米国特許第 4317611 号明細書に開示された光偏向器の斜視図を示している。図 26 は、その内部構造を説明するために、上記光偏向器を分解して表示した図である。また、図 27 と図 28 は、それぞれ、図 25 の切断線 1003 と 1006 におけるシリコン薄板 1020 の断面図を示している。

【0004】上記光偏向器において、絶縁性材料からなる基板 1010 には、凹み部 1012 が形成されている。凹み部 1012 の底部には、一対の駆動電極 1014、1016 およびミラー支持部 1032 が配置されている。シリコン薄板 1020 には、トーシヨンバー 1022、1024 とミラー 1030 が一体に形成されている。ミラー 1030 は、表面に光の反射率の高い物質がコーティングされており、トーシヨンバー 1022、1024 により揺動自由に支持されている。そして、シリ

コン薄板 1020 は、駆動電極 1014、1016 と所定の間隔を保つように基板 1010 上に対抗配置されている。

【0005】ここで、シリコン薄板 1020 は、電氣的に接地されている。従って、駆動電極 1014、1016 に交互に電圧を印加することで、ミラー 1030 に静電引力を作用させて、ミラー 1030 をトーシヨンバー 1022、1024 の長軸の回りに揺動させられる。

【0006】トーシヨンバー 1022、1024 の断面形状は、図 28 に示すような台形である。ところが、このような断面形状のトーシヨンバーを有するマイクロ構造体は、トーシヨンバーが撓みやすいため、外部の振動を拾ってしまったたり、トーシヨンバーの軸がぶれてしまい、正確な駆動ができないという問題点があった。

【0007】そのため、このような光偏向器を光走査型ディスプレイに適用した場合に、外部振動によって像がぶれたり、スポット形状が変化してしまうという問題点があった。これは、光走査型ディスプレイを持ち運び可能な形態にした場合に、より大きな問題となる。

【0008】そこで、トーシヨンバーを撓みにくくするために、次のような構造が提案されている。図 29 は、10th International Conference on Solid-State Sensors and Actuators (Transducers '99) pp.1002-1005 にて開示されたハードディスクヘッド用ジンバルである。このジンバルは、ハードディスクヘッド用サスペンションの先端に取り付けられ、磁気ヘッドにロールとピッチの動きを弾性的に許容させるためのものである。ジンバル 2020 は、内側にロールトーシヨンバー 2022、2024 で回転自由に支持された支持棒 2031 を有している。また、支持棒 2031 の内側には、ピッチトーシヨンバー 2026、2028 で回転自由に支持されたヘッド支持体 2030 が形成されている。ロールトーシヨンバー 2022、2024 とピッチトーシヨンバー 2026、2028 のねじれの軸（図 29 の直交する鎖線参照）は、互いに直交しており、それぞれ、ヘッド支持体 2030 のロールとピッチの動きを担当している。

【0009】図 30 は、図 29 中の切断線 2006 における断面図である。図 30 に示すように、トーシヨンバー 2022 の断面形状は T 字形状をしており、また、ジンバル 2020 はリブを有する構造になっている。

【0010】図 31 を用いて、本ジンバルの作製工程を説明する。まず、型取り用シリコンウエハー 2091 に、ICP-RIE（誘導結合プラズマ反応性イオンエッチング）のようなエッチング法を用いて、垂直エッチングを行う（a）。この型取り用シリコンウエハー 2091 は、再利用が可能である。次に、型取り用シリコンウエハー 2091 の上に、シリコン酸化膜とリン酸化ガラスからなる犠牲層 2092 を成膜する（b）。続いて、構造体となるポリシリコン層 2093 を成膜する（c）。そして、このポリシリコン層 2093 のパターンニングを

行う (d)。最後に、犠牲層 2092 を除去し、パターニングされたパッド 2095 にエポキシ樹脂 2094 でポリシリコン層 2093 を接着する (e)。

【0011】この様にして作製された T 字断面を有するトーションバーは、円断面や長方形断面のような断面形状を有するトーションバーと比べて、断面二次極モーメント J が小さいわりに、断面二次モーメント I が大きいという特徴がある。そのため、比較的ねじれやすい割りに、撓みにくいトーションバーを提供できる。つまり、ねじれ方向に十分なコンプライアンスを確保しながら、ねじれの軸に垂直な方向には剛性の高いトーションバーを提供できる。

【0012】また、必要なコンプライアンスや許容ねじれ角を得るための長さが短いトーションバーを提供するため、より小型化できるという利点もある。

【0013】こうして、この T 字断面を有するトーションバーを用いることで、ロール、ピッチ方向に十分なコンプライアンスを持ち、その他の方向には十分な剛性を有し、より小型化が可能なマイクロジンプルを提供できる。

#### 【0014】

【発明が解決しようとする課題】しかし、このマイクロ構造体には、次のような問題点があった。

1. T 字断面形状のトーションバーは、ねじれの軸中心が、揺動体の重心からずれてしまう。このことを、図を使用して説明する。図 23 は、一端を固定された T 字断面のトーションバー 922 の他端に揺動体 930 が支持されている様子を示している。また、図 24 は、図 23 の矢印方向から見た側面図を示している。図 24 に示すように、T 字断面のトーションバー 922 のねじれの中心 901 と揺動体 930 の重心 902 は、位置がずれている。そのため、揺動すると、ねじれの軸に垂直な方向に加振力が生じてしまう。このことは、マイクロ力学量センサにおいてはノイズの原因となり、マイクロアクチュエータにおいては、不要な方向の動きとなり、マイクロ光偏向器においては、走査光のぶれの原因となっていた。

【0015】2. ポリシリコンは、単結晶シリコンに比べて内部損失が大きいため、機械的な Q 値が低くなってしまう。そのため、機械的な共振を利用して駆動する際に、振動振幅を大きくできない。また、損失が大きいためエネルギー効率が低い。

【0016】本発明の目的は、このような問題点を解決した、軸回りに揺動する部材を有するマイクロ力学量センサ、マイクロアクチュエータ、マイクロ光偏向器等に適用できるマイクロマシンないしマイクロ構造体、その製造方法を提供することにある。

#### 【0017】

【課題を解決するための手段】上記問題点を解決するための本発明のマイクロ構造体は、基板と、少なくとも一

つ以上の揺動体を有し、前記揺動体が 1 本以上のトーションスプリングによって前記基板に対して弾性的に揺動自由に支持されているマイクロ構造体であって、前記トーションスプリングは、その長軸に垂直な面の断面形状が回転対称形状であり、且つ実質的に扁平な形状部分の組み合わせで構成され、該扁平な形状部分は最も撓みやすい方向が交差するように配置されていることを特徴とする。トーションスプリングの断面形状をこの様にする

ことで、比較的ねじれやすく、ねじれの軸に角度をなす方向に対して撓みにくい構造を実現することができる。

【0018】この基本構成に基づいて、以下の如きより具体的な形態が可能である。上記基本構成では、前記トーションスプリングのねじり中心軸が、ほぼ前記揺動体の重心を通る様に容易にできる。トーションスプリングのねじれの軸中心が揺動体の重心付近を通過する構成とすることにより、揺動体を安定にねじり振動可能となる。トーションスプリングのねじれの軸中心と揺動体の重心が一致していないと、揺動体のねじり振動に伴って、この不一致のために、ねじれの軸に垂直な方向に加振力が加わって不要な振動や変位が生じ易い。したがって、ねじれの軸中心が揺動体の重心付近を通過する構成とすることにより、マイクロ光偏向器などのマイクロ構造体の不要振動を低減できる。

【0019】典型的には、前記トーションスプリングの材質がシリコン単結晶、水晶などの単結晶材料から成る。また、前記基板、揺動体、トーションスプリングは、共通のシリコン単結晶、水晶などの単結晶材料基板からエッチングなどで一体的に形成され得る。

【0020】また、(100)シリコン基板が用いられて、トーションスプリングが該(100)シリコン基板の異方性エッチングで形成されて、その外面を画する該(100)基板面に対する斜面が(111)面である様にできる。この際、前記基板或いは揺動体に繋がるトーションスプリングの付け根部の外面を画する(100)基板面に対する面も、(111)面である様にできる。

(111)面は高精度且つ滑らかに形成されるので、作製されたトーションスプリングは破断し難いものとなる。更に、トーションスプリングの付け根部分の面も(111)斜面とすれば、ここへの応力集中が緩和できて、トーションスプリングの信頼性を高められる。

【0021】また、シリコンなどの平板状基板が用いられて、トーションスプリングが該平板状基板の ICP-RIE などを用いる深掘りエッチングで形成されて、その外面を画する面が該平板状基板面とこの面に対する垂直面或いは平行面から成る様にもできる。

【0022】回転対称形状であり、且つ実質的に扁平な形状部分の組み合わせで構成され、該扁平な形状部分は最も撓みやすい方向が交差するように配置されているトーションスプリングの横断面形状としては、X 字状、十

字状、H字状、N字状（図22（a）参照）、角張ったS字状（図22（b）参照）などの形状がある。

【0023】前記トーションスプリングの角部（急峻な楔部分など）が等方性エッチングで軽く丸くされて、そこへの応力集中が緩和されてもよい。

【0024】マイクロ構造体の形態としては、前記揺動体が一つであり、直線に沿って伸びた一つないし一対のトーションスプリングによって該揺動体が前記基板に対して弾性的に略該直線の回りに揺動自由に支持されている形態を採り得る。一対のトーションスプリングの形態は後述の実施例に説明されているが、揺動体が充分軽量で一つのトーションスプリングで支障なく揺動自由に支持され得る場合には、こうした形態も用途に応じて使用できる。

【0025】他のマイクロ構造体の形態としては、前記揺動体が複数であり、該複数の揺動体が入れ子式に配置され、各揺動体が、各直線に沿って伸びた一対のトーションスプリングによって、その外側の揺動体或いは前記基板に対して弾性的に略該各直線の回りに揺動自由に支持されている形態も採り得る。2つの揺動体が入れ子式に配置された例は図29に示されている。必要であれば、3つ以上の揺動体が入れ子式に配置された形態も実現できる。前記各直線が互いに成す角度は、典型的には90度であるが（図29の例参照）、これも、必要であれば90度以外の角度であってもよい。

【0026】更なる他のマイクロ構造体の形態としては、前記揺動体が複数であり、該複数の揺動体がトーションスプリングを介在させて直列的に配置され、最も外側の揺動体が前記基板にトーションスプリングを介在させて支持されている形態も採り得る。例えば、比較的小質量の揺動体をトーションスプリングを介在させて比較的大質量の揺動体で挟み、両側の大質量の揺動体をトーションスプリングを介在させて基板に繋げ、これら3つのトーションスプリングを一直線に沿って伸びる形態として、この形態において、大質量の揺動体の駆動で小質量の揺動体を間接的に駆動する。いずれにせよ、本発明のマイクロ構造体は、トーションスプリングが、その長軸に垂直な面の断面形状が回転対称形状であり、且つ実質的に扁平な形状部分の組み合わせで構成され、該扁平な形状部分は最も撓みやすい方向が交差するように配置されていることに特徴があり、その形態は用途に応じて種々のものであり得る。

【0027】更に、上記問題点を解決するための本発明のマイクロ力学量センサは、上記のマイクロ構造体と、基板と揺動体の相対変位を検出する変位検出手段を有することを特徴とする。変位検出手段としては、従来公知のものを使用して、例えば、静電容量の変化を電圧変化で検知して基板と揺動体の相対変位を検出するものがある。その具体例としては、特開平8-145717、

特開2000-65664、特開2000-29243

4号公報などに開示されている。

【0028】更に、上記問題点を解決するための本発明のマイクロアクチュエータは、上記のマイクロ構造体と、前記揺動体を前記基板に対して相対的に駆動する駆動手段を有することを特徴とする。前記駆動手段としては、固定コアと、該固定コア（軟磁性体で形成されたりする）を周回するコイルと、前記揺動体に接合された可動コア（軟磁性体或いは硬磁性体の永久磁石で形成されたりする。両者では駆動原理が異なり、前者では、軟磁性体の磁極は決まっておらず、固定コアに磁束が発生する時には磁気回路の磁束を切る軟磁性体の断面積の増す方向に磁束内へ軟磁性体が吸引される駆動力が起こり、磁束消滅時にはそれから解放されるのに対して、後者では、硬磁性体の磁極は決まっており、異或いは同磁極間の磁力（吸引力或いは反発力）が駆動力である）からなる電磁アクチュエータであったり、静電引力を利用するものであったりする。

【0029】更に、上記問題点を解決するための本発明のマイクロ光偏向器は、上記のマイクロ構造体と、揺動体を基板に対して相対的に駆動する駆動手段と、前記揺動体に設けられた光反射手段を有することを特徴とする。駆動手段については、上で述べた通りである。光反射手段としては、光反射面或いは回折格子があり、後者では1つのビームを複数のビーム（回折光）として偏向することもできる。

【0030】更に、上記問題点を解決するための本発明の光走査型ディスプレイは、上記のマイクロ光偏向器と、変調可能な光源（半導体レーザなど）と、前記光源の変調と前記マイクロ光偏向器の揺動体の動作を制御する制御手段を有することを特徴とする。

【0031】更に、上記問題点を解決するための本発明のマイクロ構造体の製造方法は、（100）シリコン基板の両面にマスク層を成膜する工程と、前記両面のマスク層を前記揺動体とトーションスプリングの形態に応じてパターニングする工程と、前記（100）シリコン基板をアルカリ溶液などを用いて異方性エッチングする工程を含むことを特徴とする。

【0032】更に、上記問題点を解決するための本発明のマイクロ構造体の他の製造方法は、シリコン基板などの材料基板の両面にマスク層を成膜する工程と、前記両面のマスク層を前記揺動体とトーションスプリングの形態に応じてパターニングする工程と、前記材料基板を片面よりICP-RIEなどを用いて深堀りエッチングする工程と、前記材料基板を他面よりICP-RIEなどを用いて深堀りエッチングする工程を含むことを特徴とする。

【0033】これらのマイクロ構造体の製造方法において、前記トーションスプリングの角部を軽く等方性エッチングして、そこを丸くし、そこへの応力集中を緩和してもよい。

【0034】

【作用】本発明のマイクロ構造体の作用について説明する。本発明のマイクロ光偏向器においては、上述したように、トーションスプリングの断面形状を回転対称形状とし、トーションスプリングが実質的に扁平な形状部分の組み合わせで構成されるようにしている。さらに、これらの扁平な形状部分はそれぞれ最も撓みやすい方向が交差するように配置されている。図8に本発明のトーションスプリングの横断面形状の1例を示している。

(a) はX字状の多角形形状を示している。(b) は、

(a) のX字状の多角形が、破線の囲み部分A、B、Cのように実質的に扁平な形状部分の組み合わせで構成されていることを示している。そして、(c) は、(b) の扁平な形状部分A、B、Cの最も撓みやすい方向を示している。

【0035】トーションスプリングの断面形状をこの様にすることで、トーションスプリングのねじれの中心の回りに比較的ねじれやすく、ねじれの軸に角度をなす方向に対して撓みにくい構造を実現することができる。なぜなら、該角度をなす方向に撓ませようとしても、図8(c)に示すように扁平な形状部分の最も撓みやすい方向が交差しているため、その方向に材料の比較的厚い部分があって該厚い部分が撓みを防止しようと働くからである。

【0036】さらに、トーションスプリングの断面形状が回転対称形状であるので、トーションスプリングのねじれの軸中心が揺動体の重心付近を通過する構造にすることが容易にできる。そのため、揺動体を安定にねじり振動可能となり、ねじれの軸に垂直な方向の不要な発生力が揺動時に生じないマイクロ光偏向器等のマイクロ構造体を容易に実現できる。加えて、素材として単結晶材料を使用する場合には、機械的なQ値の高い構造を実現できる。単結晶材料としては、入手の容易で機械特性に優れた(すなわち、比較的軽量でありながら物理的強度、耐性、寿命に優れた)単結晶シリコンを使用するのが好適である。

【0037】

【発明の実施の形態】以下に、本発明の実施の形態を明らかにすべく、図面を参照しつつ実施例を説明する。

【0038】[実施例1]図1は、本発明の実施例1のマイクロ光偏向器を説明するための斜視図である。図2は、内部構造を説明するために、上記マイクロ光偏向器を分解して示した図である。図3は、図1の切断線106におけるシリコン単結晶薄板120の断面を示している。

【0039】実施例1のマイクロ光偏向器において、ガラス基板110には、凹み部112が形成されている。凹み部112の底部には、一対の駆動電極114、116および三角柱状のミラー支持部132が配置されている。ミラー支持部132は、可能であれば、無くしてもよい。シリコン単結晶薄板120には、バルクマイクロ

マシニング技術により、トーションスプリング122、124とミラー130が、一体に形成されている。本実施例の特徴であるトーションスプリング122、124は、図3に示すように、断面形状がX字形状になっている。この形状は、図3より明らかなように、4つの内角が180度よりも大きい12角形であり、また、回転対称形状である。

【0040】ミラー130は、平板の表面に光の反射率の高い物質がコーティングされて形成されており、X字形状のトーションスプリング122、124によりこの長軸の回りに揺動自由に支持されている。そして、シリコン単結晶薄板120は、ミラー130が駆動電極114、116と所定の間隔を保つようにガラス基板110上に対抗配置されている。トーションスプリング122、124の長軸に沿ったミラー130の下面はミラー支持部132の頂線部に接していて、該頂線部に沿う揺動軸の回りでミラー130が揺動可能になっている。

【0041】シリコン単結晶薄板120は、電氣的に接地されている。従って、駆動電極114、116に交互に電圧を印加することで、ミラー130に静電引力を作用させて上記揺動軸の回りにミラー130を揺動させることができる。駆動力は静電引力に限らず、磁気力などを使うこともできる。この場合は、駆動電極の代わりに電磁石を設置してミラー130の下面に硬磁性材料の永久磁石などを固定する構成をとることになる。

【0042】上記光偏向器の作製法について、図6と図7を用いて、以下に詳しく述べる。図6(a)～(g)は図1の切断線106における断面を表し、図7(a)～(e)は、図2の切断線109における断面を表している。

【0043】まず、図6に沿ってシリコン単結晶薄板120の加工について述べる。

1. シリコン単結晶薄板120の両面に、マスク層150(例えば、SiO<sub>2</sub>や低圧化学気相成長法で作製した窒化シリコン等)を成膜する。シリコン単結晶薄板120には、(100)基板を使用する。そして、フォトリソグラフィ技術で、マスク層150のパターニングを行う

(a)。このパターニングに使用するマスクパターンを図4に示す。図4に示すマスクパターンは、トーションスプリング122、124とミラー130の外形に沿ってW<sub>1</sub>の幅を有する開口部191が形成されており、また、幅W<sub>2</sub>のトーションスプリングの長手方向の中心線に沿ってW<sub>1</sub>の幅を有する開口部190が形成されている。

【0044】2. KOHのようなアルカリ溶液である異方性エッチング溶液を用いて、シリコン単結晶薄板120の両面からエッチングを行う。シリコンの異方性エッチングは、(100)面で速く進み、(111)面で遅く進むため、エッチングは、まず、掘り進むにつれて開口部が狭くなるように進行する(b)。

【0045】3. W<sub>1</sub>の幅を有する開口部190において

は、基板 120 の中央に達する前にすべての面が (111) 面になりエッチングがストップするため、V 字状の溝 (図 3 に示す様に、深さ  $d_v$  で、幅  $W_v$  である) が形成される。また、 $W_v$  の幅を有する開口部 191 においては、基板 120 を貫通するまでエッチングが進行する

(c)。図 5 に示すように、(111) 面は、(100) 面に対して、 $54.7^\circ$  の角度を有するため、開口部の幅  $w$  と V 溝の深さ  $d$  の関係は、 $d=w/2 \cdot \tan 54.7^\circ$  である。従って、ここでは、 $W_v < 2t/\tan 54.7^\circ$ 、 $W_v > 2t/\tan 54.7^\circ$  の関係を満たしている。ここで、 $t$  はシリコン単結晶薄板 120 の厚みである。

【0046】4. 開口部 191 の上下からの穴が貫通したあとは、エッチングは側方に進んでいく ( $d$ 、 $e$ )。

【0047】5. (111) 面に到達して、エッチングがストップする。このときトーションスプリング 122、124 の断面は X 字形状になる ( $f$ )。図 3 に示す様に、この X 字断面の側部の V 溝の深さは  $k_b$  で、幅は  $t$  である。この際、(111) 面は高精度且つ滑らかに形成されるので、作製された X 字形状のトーションスプリング 122、124 は破断し難いものとなる。更に、上記異方性エッチングにより、トーションスプリング 122、124 の付け根部分の V 溝の面 (図 2 (a) に 122a、124a で示す) も図 2 (b) に示すように (111) 斜面となるので、ここへの応力集中が緩和できて、トーションスプリングの信頼性を高め、ミラーの光偏向角を大きくできる。

【0048】6. 上記異方性エッチング後、ガスや酸により等方性エッチングを行い、V 溝の急峻な楔部分やトーションスプリングの角部の角を丸くしてもよい。こうすれば、これらの部分への応力集中を緩和できる。

【0049】7. 次に、マスク層 150 を除去する ( $g$ )。

8. 最後に、ミラー 130 を洗浄し、表面に光反射膜を成膜する。

【0050】続いて、図 7 に沿ってガラス基板 110 の加工法について述べる。

1. ガラス基板 110 の両面にマスク層 151 (レジスト等) を成膜する ( $a$ )。

【0051】2. マスク層 151 をパターニングする ( $b$ )。三角柱状のミラー支持部 132 と凹み部 112 がエッチングで形成される様にパターニングする。

【0052】3. 凹み部 112 の深さが  $25 \mu\text{m}$  になるように、エッチングを行う ( $c$ )。このとき、三角柱状のミラー支持部 132 が形成される。

【0053】4. マスク層 151 を除去し、凹み部 112 に所定のパターンの駆動電極 114、116 を形成する ( $d$ )。

【0054】5. 図 1 に示すようなマイクロ光偏向器の形態になるように、シリコン単結晶薄板 120 とガラス基板 110 を接合する ( $e$ )。

【0055】以上のように、本実施例の製造方法によれば、異方性エッチングを 1 度行うだけで、X 字形状断面を有するトーションスプリング 122、124 を製造することができる。図 3 に示すように断面が X 字形状になっている本実施例の光偏向器のトーションスプリング 122 (124) は、断面二次極モーメント  $J$  が小さい割に、断面二次モーメント  $I$  が大きいという特徴がある。また、その横断面形状が回転対称形状なので、揺動時にねじれの軸に垂直な方向の加振力が生じないマイクロ構造体を実現できる。

【0056】本実施例によれば、単結晶シリコンをトーションスプリングの素材に使用することで、ポリシリコンに比べて、より壊れにくく、より小型化が可能で、共振駆動したときに振動振幅が大きくエネルギー効率の高い、機械的な Q 値が大きなマイクロ構造体を実現できる。

【0057】また、揺動したときにトーションスプリングの軸に垂直な方向に振動しにくいので、精度が高いマイクロ光偏向器を実現でき、機械的な Q 値が高いために共振駆動したときに振動振幅が大きく、エネルギー効率の高いマイクロ光偏向器を実現できる。更に、本実施例の製造方法を用いることで、比較的容易に X 字形状の断面を有するトーションスプリングを製造することができる。

【0058】[実施例 2] 図 9 は、本発明の実施例 2 の加速度センサを説明するための斜視図である。図 10 は、内部構造を説明するために、上記加速度センサを分解して示した図である。また、図 11 は、図 9 の切断線 206 における単結晶シリコン薄板 220 の断面を示している。

【0059】本実施例の加速度センサにおいて、絶縁性基板 210 には、凹み部 212 が形成されている。凹み部 212 の底部には検出電極 216 が配置されている。シリコン薄板 220 には、一対のトーションスプリング 222、224 と可動部材 230 が、一体に形成されている。本実施例の特徴であるトーションスプリング 222、224 は、図 11 より分かるように、それぞれ、断面形状が十字形状になっている。これは、4 つの内角が  $270^\circ$ 、8 つの内角が  $90^\circ$  の 12 角形断面であり、回転対称形状である。そして、実質的に扁平な形状部分の組み合わせで構成され、該扁平な形状部分は最も撓みやすい方向が交差 (ここでは  $90^\circ$ ) するように配置されている

【0060】可動部材 230 は、トーションスプリング 222、224 によりその長軸の回りに揺動自由に支持されている。そして、シリコン単結晶薄板 220 は、検出電極 216 と所定の間隔を保つように絶縁性基板 210 上に対抗配置されており、電気的に接地されている。

【0061】以上の構成において、シリコン単結晶薄板 220 に対して垂直な方向に加速度が作用すると、可動

部材230に慣性力が作用し、可動部材230は、トーションスプリング222、224の長軸の回りに回転変位する。可動部材230が回転変位すると、検出電極216との距離が変化するため、可動部材230と検出電極216の間の静電容量が変化する。そのため、検出電極216とシリコン単結晶薄板220の間の静電容量を従来周知の手段で検出することで、加速度を検出することができる。

【0062】また逆に、検出電極216に電圧を印加すると、可動部材230と検出電極216の間に静電引力が作用し、可動部材230はトーションスプリング222、224の長軸の回りに揺動する。つまり、本実施例の加速度センサは、静電アクチュエータとしても使用することができる。

【0063】上記加速度センサの作製法について、図12と図13を用いて、以下に詳しく述べる。図12

(a)～(f)は図9の切断線206における断面を表し、図13(a)～(e)は図10の切断線209における断面を表している。

【0064】先ず、図12に沿って単結晶シリコン薄板220の加工法を述べる。

1. シリコン薄板220の両面に、マスク層250(例えば、レジスト等)を成膜し、図10に示すような形態のシリコン薄板220をエッチングで形成できるようにパターンニングをフォトリソグラフィ技術で行う(a)。シリコン薄板220は、可能であれば、ポリシリコンであってもよいし、またその面方位は問わない。

【0065】2. ICP-RIEのような深堀りエッチング法を用いて、十字形状のトーションスプリング222、224と可動部材230と枠部以外のシリコン薄板部分を両面より一定の深さまで垂直エッチングを行う(b)。この深さは、断面が十字形状のトーションスプリング222、224の横棒部の厚さを規定するものである(この深さの約倍が横棒部の厚さとなる)。トーションスプリング222、224の縦棒部の厚さは次の新たなマスク層251の中央のストライプ部の幅で規定される。

【0066】3. マスク層250を除去した後に、新たなマスク層251を成膜し、パターンニングを行う(c)。

4. 再び、ICP-RIEのようなエッチング法を用いて、垂直エッチングを行う。まず、エッチングは図中下面から行い、2.で掘った場所の深さがシリコン薄板220の厚み中央に達するまで行う(d)。

5. 今度は、2.で掘った場所がシリコン薄板220を貫通するまで図中上面から垂直エッチングを行う(e)。

6. 最後に、マスク層251を除去する(f)。

【0067】次に、図13に沿って絶縁性基板210の加工法を述べる。

1. 絶縁性基板210の両面にマスク層252(レジス

ト等)を成膜する(a)。

【0068】2. 図10に示すような形態の絶縁性基板210をエッチングで形成できるようにマスク層252をパターンニングする(b)。

【0069】3. 凹み部212の深さが $15\mu\text{m}$ になるように、エッチングを行い、凹み部212を形成する(c)。

【0070】4. マスク層252を除去し、凹み部212に検出電極216を蒸着などで形成する(d)。

【0071】5. 図9に示すような加速度センサの形態になるように、シリコン薄板220とガラス基板210を接合する(e)。

【0072】本実施例の特徴である図11のような十字状の断面形状を有するトーションスプリングにおいても、断面二次極モーメントJが小さいわりに、断面二次モーメントIが大きいという特徴がある。更に、T字断面のトーションスプリングと異なり、断面形状を回転対称にすることで、揺動したときに、ねじれの軸に垂直な方向の加振力が生じないマイクロ構造体を実現できる。

【0073】また、単結晶シリコンを素材に使用したことで、ポリシリコンに比べて機械的なQ値が大きいマイクロ構造体を実現できる。また、揺動時に可動部がねじりの軸に垂直な方向に振動しにくくなるため、ノイズの少ない力学量センサを実現でき、従来よりも機械的なQ値が高く、感度の高い力学量センサを実現できる。

【0074】また、本実施例によれば、揺動時に可動部がねじりの軸に垂直な方向に振動しにくいため、動きの精度が高いマイクロアクチュエータを実現でき、従来よりも機械的なQ値が高いため、共振駆動を行なったときに振幅を大きくすることができ、また、エネルギー効率の高いマイクロアクチュエータを実現できる。

【0075】更に、本実施例によれば、比較的容易に本発明のマイクロ構造体を製造することができる。

【0076】[実施例3]図14は、本発明の実施例3のマイクロ光偏向器を説明するための斜視図を示している。図15と図16は、それぞれ上面図と側面図である。図16においては、分かりやすくするために、シリコン単結晶薄板320の一部を切断して示している。図17は、本実施例の特徴であるトーションスプリングの構造を説明するための、図14の切断線306におけるシリコン単結晶薄板320の断面図を示している。

【0077】本実施例のマイクロ光偏向器において、シリコン単結晶薄板320には、バルクマイクロマシンング技術により、トーションスプリング328、329とミラー330が、一体に形成されている。ミラー330の端には、軟磁性体材料からなる可動コア341が固定されている。本実施例の特徴であるトーションスプリング328、329は、図17の断面図に示すように、断面形状がH字形状となっている。これは、4つの内角が $270^\circ$ 、8つの内角が $90^\circ$ の12角形であり、回転

対称形状である。そして、実質的に扁平な形状部分の組み合わせで構成され、該扁平な形状部分は最も撓みやすい方向が交差（90度）するように配置されている

【0078】ミラー330は、表面に光の反射率の高い物質がコーティングされており、トーションスプリング328、329によりその長軸であるねじり軸の回りに揺動自在に支持されている。

【0079】ガラス基板340の上には、図15で示す形状の軟磁性体材料からなる固定コア342が配置されており、この固定コア342をコイル345が周回して10 いる。そして、シリコン単結晶薄板320とガラス基板340は、可動コア341と固定コア342のほぼ平行に対向する面が、所定の間隔を保つように接合されている。すなわち、ミラー330が揺動するとき、これら対向する面がほぼ平行状態を保ったままその重なり面積（可動コア341が、固定コア342で発生した磁束を切る断面積）が変化する様になっている。可動コア341と固定コア342で2つの間隙を含む閉じた直列磁気回路が形成される。

【0080】図18を用いて、本実施例の光偏向器の動作について説明する。コイル345に通電すると、固定コア342が励磁される。図18では、固定コア342の図中手前側がN極に、奥側がS極に励磁されている様子を表している。すると、可動コア341は、上記対向面の重なり面積が増す方向（固定コア342で発生した磁束路に吸引される方向）、即ち図18の矢印の方向に引き付けられる。可動コア341と固定コア342は、図16に示すように、上記対向面の重なり面積が増加できる様に非通電時には高さが異なる状態で配置されているので、トーションスプリング328、329の回りに20 左回りの回転モーメントが生じる。ミラー330の共振周波数に合わせてコイル345への通電をON/OFFすると、ミラー330がトーションスプリング328、329の回りに共振を起こす。この状態でミラー330に光線を入射することで、光の走査を行うことができる。

【0081】次に、本光偏向器の作製方法を説明する。まず、図19を用いて、シリコン単結晶薄板320の加工方法を説明する。図中左側は、図14の切断線306における断面図であり、右側は、切断線309における40 断面図である。

【0082】1. 先ず、シリコン単結晶薄板320の片面に、種電極層360を成膜する。（a）。

【0083】2. 種電極層360の上に、厚膜レジスト層361（例えば、MicroChem社製SU-8）を成膜し、フォトリソグラフィ技術で可動コア341形成用のパターンニングを行う（b）。

【0084】3. 軟磁性体層362を種電極層360の上に電解メッキで成膜する（c）。

【0085】4. 厚膜レジスト層361及び種電極層3 50

60を除去する（d）。軟磁性体層362の下の種電極層360はそのまま残る。

【0086】5. シリコン単結晶薄板320の両面に、マスク層350（例えば、レジスト等）を成膜し、図14に示す形態の単結晶薄板320形成用のパターンニングをフォトリソグラフィ技術で行う（e）。

【0087】6. ICP-RIEのようなエッチング法を用いて、両面より一定の深さまで垂直エッチングを行う

（f）。この深さは、断面がH字形状のトーションスプリング328、329の中央の架橋部の厚さを規定するものである。この深さの倍がこの架橋部の厚さとなる。

7. マスク層350を除去し、新たなマスク層351を成膜、及びパターンニングする（g）。

【0088】8. ICP-RIEのようなエッチング法を用いて、下面より垂直エッチングを行う。エッチングは、最も深い部位がシリコン単結晶薄板320の中央に達するまで行う（h）。

【0089】9. 更に、ICP-RIEのようなエッチング法を用いて、上面より垂直エッチングを行う。エッチングは、最も深い部位がシリコン単結晶薄板320を貫通するまで行う（i）。トーションスプリング328、329の部分では、H字形状のトーションスプリング328、329の所定の厚さの架橋部を残した所で止る。H字形状のトーションスプリング328、329の両側の柱部の厚さ（典型的には架橋部の厚さと等しい）はマスク層351の上下両面の一对のストライプ部の幅で規定される。

10. 最後に、マスク層351を除去する（j）。

【0090】次に、図20を用いて、ガラス基板340の加工方法を説明する。図20は、図14の切断線307における断面図である。

【0091】1. ガラス基板340の片面に種電極層370を成膜する（a）。

2. 種電極層370の上に厚膜レジスト層371を成膜し、固定コイル342形成用のパターンニングを行う（b）。

3. 種電極層370の上に、コイル345の下配線層372を電解メッキで成膜する（c）。

4. 下配線層372部分以外の厚膜レジスト層371と種電極層370を除去する（d）。

5. 下配線層372の上に、絶縁層373を成膜し、両側部の配線層382、383形成用のパターンニングを行う（e）。

【0092】6. 絶縁層373の上に、種電極層374を成膜する（f）。

7. 種電極層374の上に厚膜レジスト層375を成膜し、固定コア342である軟磁性体層376と両側部の配線層382、383を形成できる様にパターンニングを行う（g）。

8. 厚膜レジスト層375の無い種電極層374の部分

上に、軟磁性体層 376 と両側部の配線層 382、383 を電解メッキで成膜する (h)。

9. 厚膜レジスト層 375 と種電極層 374 を除去する (i)。

10. 再び絶縁層 377 を成膜し、上配線層 380 形成用のパターニングを行う (j)。このパターニングで、絶縁層 377 は両側部の配線層 382、383 の頂部の所のみ除かれている。

【0093】11. 絶縁層 377 の上に、種電極層 378 を成膜する (k)。

12. 種電極層 378 の上に厚膜レジスト層 379 を成膜し、パターニングを行う (l)。このパターニングで、厚膜レジスト層 379 は両側部の配線層 382、383 の外部の所のみ除かれている。

13. 種電極層 378 の上に、上配線層 380 を電解メッキで成膜する (m)。

14. 最後に、厚膜レジスト層 379 と種電極層 378 を除去する (n)。

【0094】最終的に、図 14 に示すような光偏向器の形態になるように、シリコン単結晶薄板 320 とガラス基板 340 を接合する。

【0095】本実施例の特徴である、図 17 のような H 字形状断面を有するトーションスプリングにおいても、ねじれやすく、撓みにくいという特徴がある。また、本実施例においても、揺動時に可動部がねじりの軸に垂直な方向に振動しにくくなるため、精度が高く、外乱の影響を受けにくい光偏向器を実現でき、従来よりも機械的な Q 値が高いため、共振駆動を行ったときに、振幅が大きくエネルギー効率が低い。

【0096】[実施例 4] 図 21 は、実施例 4 の光走査型ディスプレイを説明する図である。X 光偏向器 401 と Y 光偏向器 402 は、実施例 3 の光偏向器と同様のものである。コントローラ 409 は、X 光偏向器 401 と Y 光偏向器 402 を制御して、レーザ光線 410 をラスタ状に走査し、表示する情報に応じてレーザ発振器 405 を変調することで、スクリーン 407 上に画像を 2 次元的に表示する。

【0097】本発明の光偏向器を光走査型ディスプレイに適用することで、画像のぶれが少なく、エネルギー効率が低い光走査型ディスプレイを実現できる。

【0098】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、トーションスプリングが、その長軸に垂直な面の断面形状が回転対称形状であり、且つ実質的に扁平な形状部分の組み合わせで構成され、該扁平な形状部分は最も撓みやすい方向が交差するように配置されているので、ねじれやすく撓みにくくて、ねじれの軸に垂直な方向に加振力が生じることのないトーションスプリングを持つマイクロ構造体を提供することができる。

【0099】また、揺動したときに、ねじれの軸に垂直

な方向に加振力が生じることがないため、ノイズの少ないマイクロ力学量センサを提供でき、単結晶材料を用いる場合は機械的な Q 値が高いため、ノイズが少なく、感度の高い、力学量センサを提供できる。また、揺動したときに、ねじれの軸に垂直な方向に加振力が生じることがないため、不要な方向の動きの少ないマイクロアクチュエータを提供でき、単結晶材料を用いる場合は機械的な Q 値が高いため、共振駆動したときに振幅が大きく、また、エネルギー効率の高いマイクロアクチュエータを提供できる。また、揺動したときに、ねじれの軸に垂直な方向に加振力が生じることがないため、走査光のぶれが少なくマイクロ光偏向器を提供でき、単結晶材料を用いる場合は機械的な Q 値が高いため、共振駆動したときに振幅が大きく、また、エネルギー効率の高いマイクロ光偏向器を提供できる。

【0100】また、本発明によれば、揺動したときに、ねじれの軸に垂直な方向に加振力が生じることがないため、走査光のぶれが少なく光走査型ディスプレイを提供でき、単結晶材料を用いる場合は機械的な Q 値が高いため、エネルギー効率が高い光走査型ディスプレイを実現できる。

【0101】更に、本発明の製造方法を用いることで、本発明のマイクロ構造体、マイクロ光偏向器、マイクロ力学量センサ及びマイクロアクチュエータを比較的容易に製造できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の実施例 1 の光偏向器を説明するための斜視図である。

【図 2】実施例 1 の光偏向器を説明するための分解図 (a)、及びトーションスプリングの縦断面図 (b) である。

【図 3】実施例 1 の光偏向器を説明するためのトーションスプリングの部分の横断面図である。

【図 4】実施例 1 の光偏向器を説明するための平面図である。

【図 5】シリコンの異方性エッチングを説明する図である。

【図 6】実施例 1 の光偏向器のシリコン単結晶薄板の作製プロセスを説明する図である。

【図 7】実施例 1 の光偏向器のガラス基板の作製プロセスを説明する図である。

【図 8】本発明の作用を説明するためにトーションスプリングの 1 例の断面を示す図である。

【図 9】本発明の実施例 2 の加速度センサを説明するための斜視図である。

【図 10】実施例 2 の加速度センサを説明するための分解図である。

【図 11】実施例 2 の加速度センサを説明するためのトーションスプリングの部分の横断面図である。

【図 12】実施例 2 の加速度センサのシリコン単結晶薄

板の作製プロセスを説明する図である。

【図 13】実施例 2 の加速度センサのガラス基板の作製プロセスを説明する図である。

【図 14】本発明の実施例 3 の光偏向器を説明する斜視図である。

【図 15】実施例 3 の光偏向器を説明する上面図である。

【図 16】実施例 3 の光偏向器を説明する一部破断した側面図である。

【図 17】実施例 3 の光偏向器のトーションスプリング 10 を説明する断面図である。

【図 18】実施例 3 の光偏向器の動作原理を説明する図である。

【図 19】実施例 3 の光偏向器のシリコン単結晶薄板の作製プロセスを説明する図である。

【図 20】実施例 3 の光偏向器の固定コアとコイルの作製プロセスを説明する図である。

【図 21】本発明の実施例 4 の光走査型ディスプレイを説明する図である。

【図 22】本発明のトーションスプリングの例の断面形状を説明する図である。 20

【図 23】T 字状断面形状のトーションバーを説明する斜視図である。

【図 24】T 字状断面形状のトーションバーを説明する断面図である。

【図 25】従来の光偏向器を説明するための斜視図である。

【図 26】従来の光偏向器を説明するための分解図である。

【図 27】従来の光偏向器を説明するための断面図である。 30

【図 28】従来の光偏向器を説明するためのトーションバーの部分の断面図である。

【図 29】従来のハードディスク用ジンバルを説明する上面図である。

【図 30】従来のハードディスク用ジンバルを説明するための断面図である。

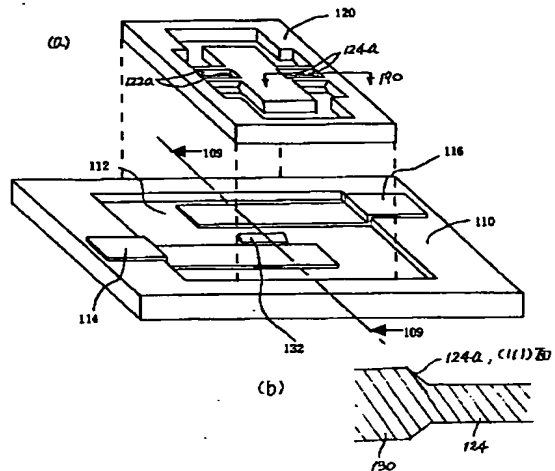
【図 31】従来のハードディスク用ジンバルの作製プロセスを説明する図である。

#### 【符号の説明】

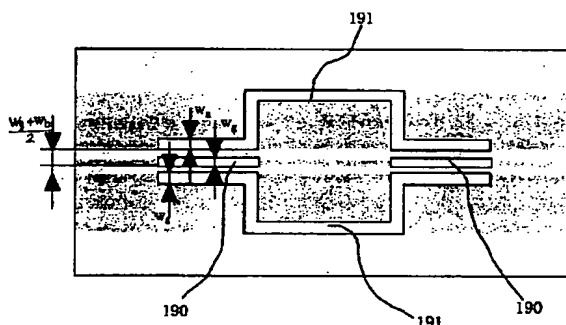
110、210、340      ガラス基板  
112、212      凹み部  
114、116      駆動電極

120、220、320      シリコン単結晶薄板  
122、124、222、224、328、329  
    トーションスプリング  
122a、124a      トーションスプリングの付け  
    根部の斜面  
130、330      ミラー  
132      ミラー支持部  
150、250、251、350      マスク層  
216      検出電極  
230      揺動部材  
341      可動コア  
342      固定コア  
345      コイル  
360、370、374、378      種電極層  
362、376      軟磁性体層  
361、371、375、379      厚膜レジスト層  
372      下配線層  
373、377      絶縁層  
380      上配線層  
382、383      側部配線層  
401      X 光偏向器  
402      Y 光偏向器  
405      レーザ発振器  
407      スクリーン  
409      コントローラ  
410      レーザ光線  
1010      絶縁性基板  
1014、1016      駆動電極  
1020      シリコン薄板  
1022、1024、2001、2002      トーシ  
    ョンバー  
1030、2011      ミラー  
1032      ミラー支持部  
2020      ジンバル  
2022、2024      ロールトーションバー  
2026、2028      ピッチトーションバー  
2030      ヘッド支持体  
2031      支持枠  
2091      型取り用シリコンウェハー  
2092      犠牲層  
2093      ポリシリコン層  
2094      エポキシ樹脂  
2095      パッド

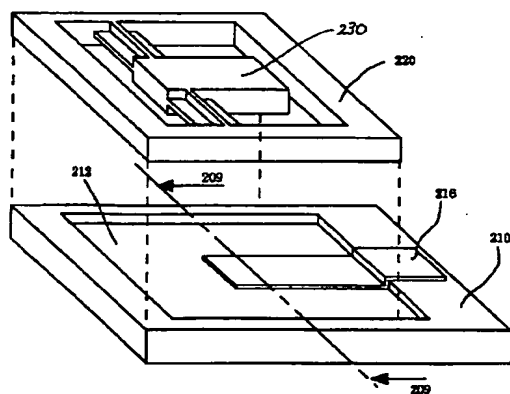
【図 2】



【図 4】

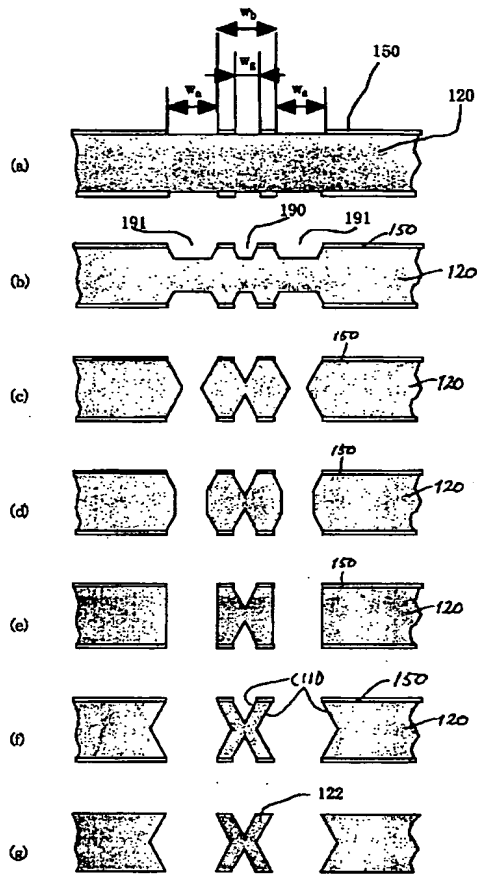


【図 10】

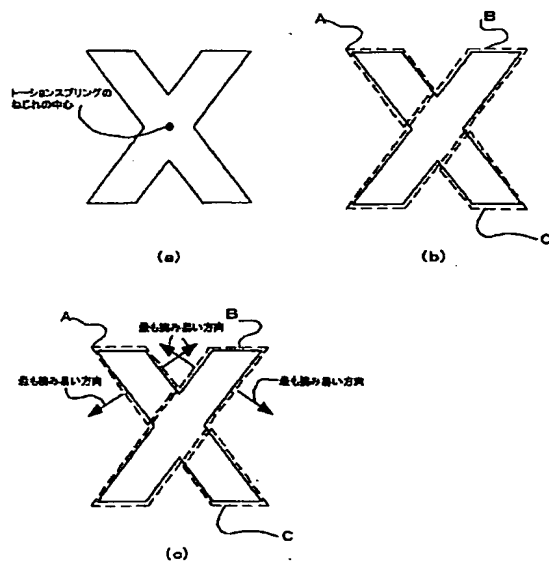


【図 10】

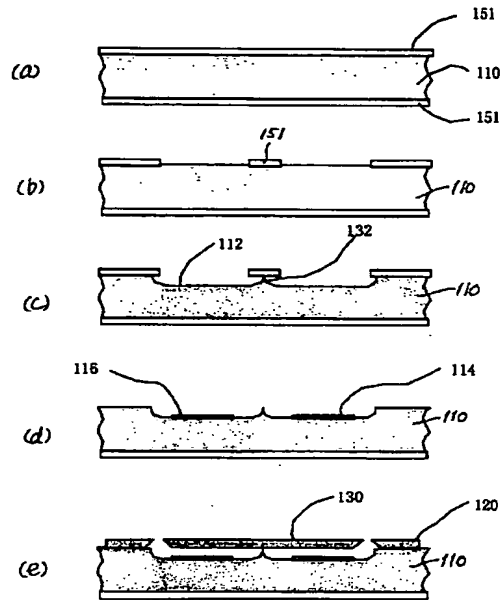
【図 6】



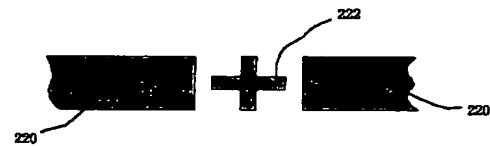
【図 8】



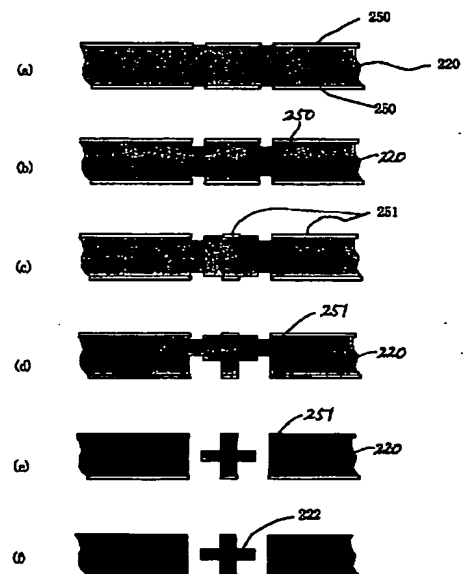
【図 7】



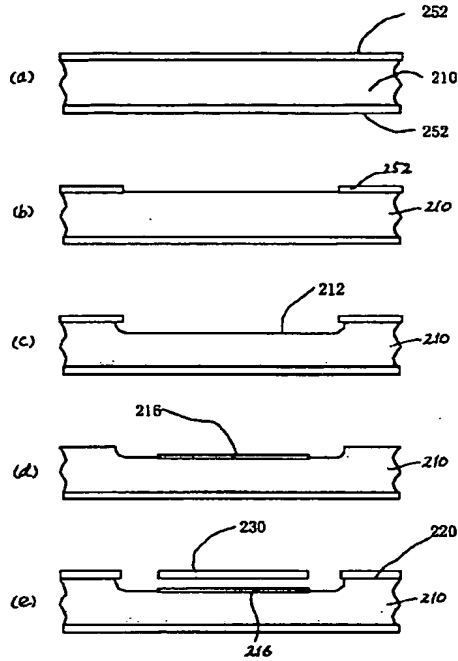
【図 11】



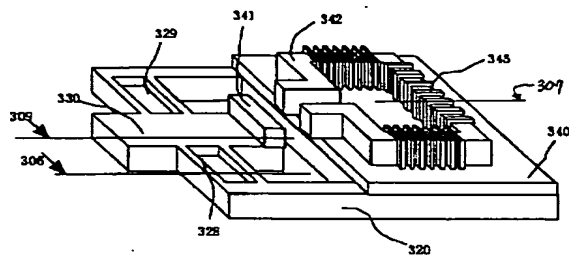
【図 12】



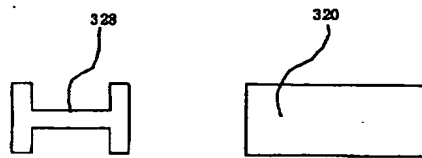
【図 13】



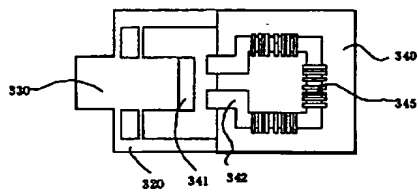
【図 14】



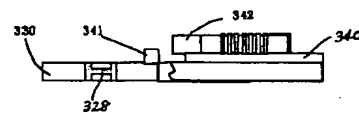
【図 17】



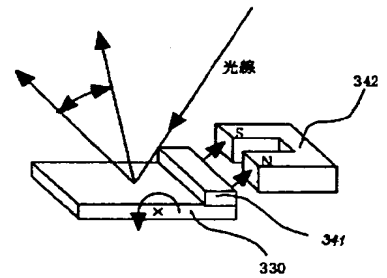
【図 15】



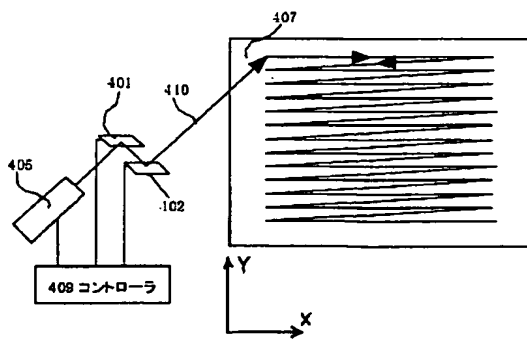
【図 16】



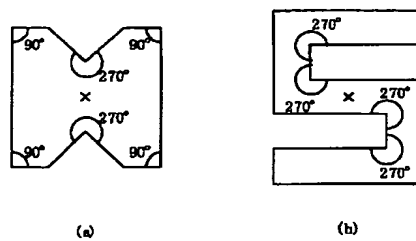
【図 18】



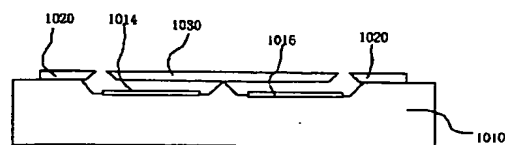
【図 21】



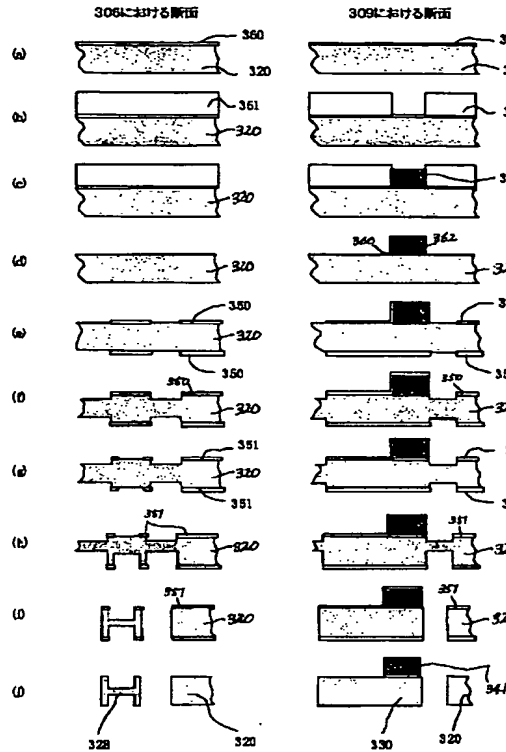
【図 22】



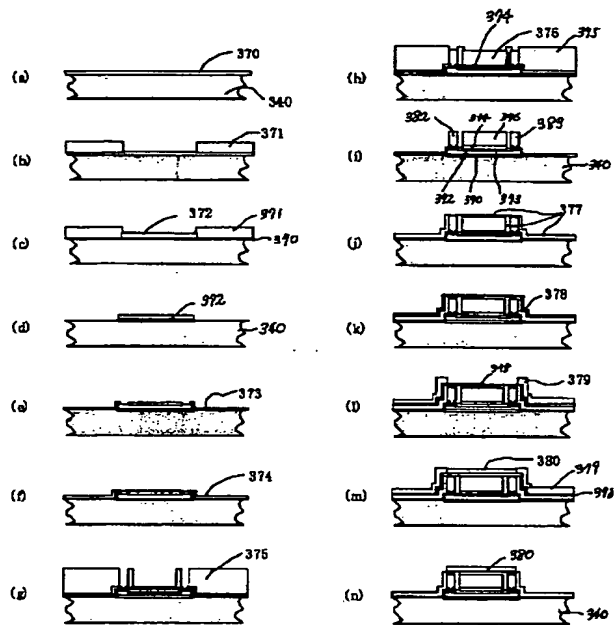
【図 27】



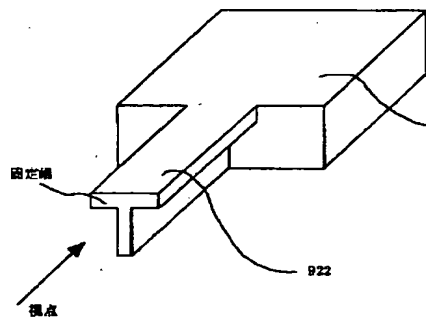
【図19】



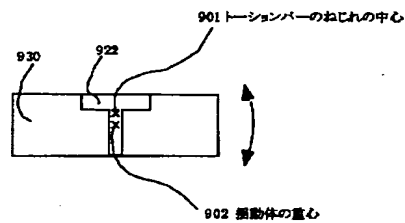
【図20】



【図23】

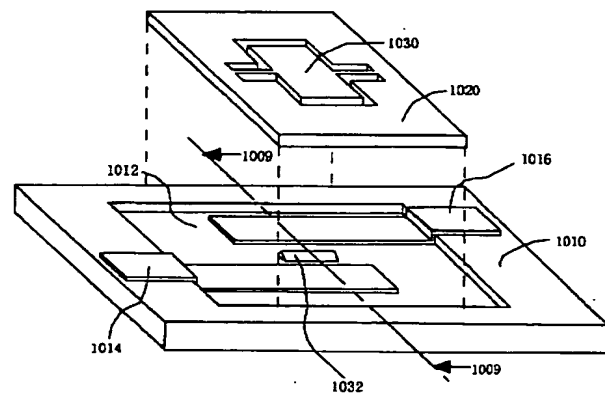
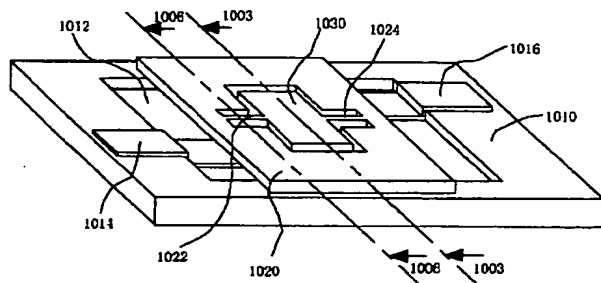


【図24】

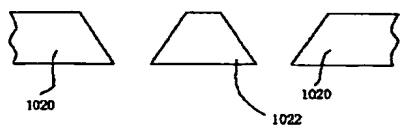


【図26】

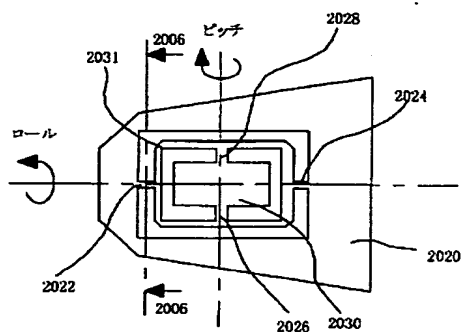
【図25】



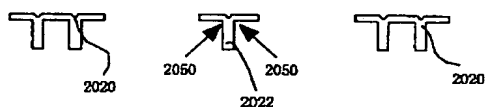
【図 28】



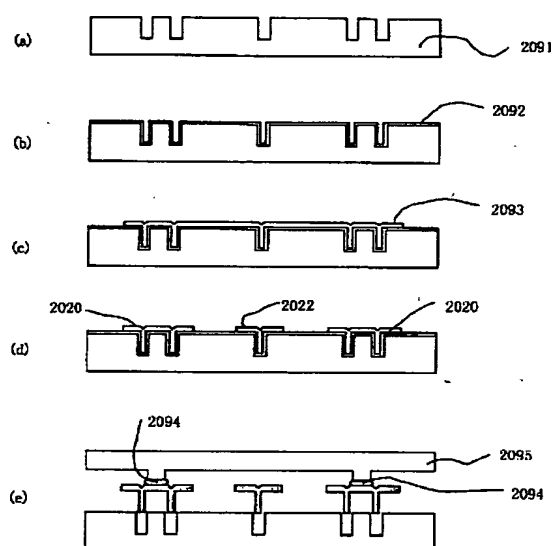
【図 29】



【図 30】



【図 31】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード (参考)
G 0 2 B 26/08		G 0 2 B 26/08	E
26/10	1 0 4	26/10	1 0 4 Z
(72) 発明者 廣瀬 太		(72) 発明者 水谷 英正	
東京都大田区下丸子 3 丁目 30 番 2 号 キヤノン株式会社内		東京都大田区下丸子 3 丁目 30 番 2 号 キヤノン株式会社内	
(72) 発明者 八木 隆行		(72) 発明者 島田 康弘	
東京都大田区下丸子 3 丁目 30 番 2 号 キヤノン株式会社内		東京都大田区下丸子 3 丁目 30 番 2 号 キヤノン株式会社内	

F ターム(参考) 2H041 AA12 AB14 AC04 AZ01 AZ08  
2H045 AB06 AB10 AB16 AB73  
2H049 AA06 AA37 AA44 AA50 AA68  
AA69